


**PROMOVENDO DESENVOLVIMENTO E CONSCIENTIZAÇÃO AMBIENTAL
EM CRIANÇAS COM DEFICIÊNCIA: UMA ABORDAGEM COM EDUCAÇÃO
FÍSICA ADAPTADA E LÓGICA FUZZY**

 <https://doi.org/10.56238/sevened2024.037-097>

Igor Felipe Oliveira Bezerra

Graduação em Educação Física

Acadêmico do Curso de Pós-Graduação em Engenharia, Gestão de Processos, Sistemas e Ambiental
do Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (PPG.EGPSA/ITEGAM)

E-mail: igorfelipe.dss@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6267-3281>

LATTES: <http://lattes.cnpq.br/2257774195169148>

Paola Souto Campos

Doutora em Diversidade Biológica

Professor do Curso de Pós-Graduação em Engenharia, Gestão de Processos, Sistemas e Ambiental do
Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (PPG.EGPSA/ITEGAM)

E-mail: pscampos@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4827-0619>

LATTES: <http://lattes.cnpq.br/6414810834266975>

Jorge de Almeida Brito Junior

Doutor em Engenharia Elétrica

Professor do Curso de Pós-Graduação em Engenharia, Gestão de Processos, Sistemas e Ambiental do
Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (PPG.EGPSA/ITEGAM)

E-mail: jorgebritojr@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4622-1151>

LATTES: <http://lattes.cnpq.br/3423176906589920>

RESUMO

Este estudo objetivou desenvolver um modelo de lógica fuzzy para avaliar o impacto de intervenções em Educação Física Adaptada e Educação Ambiental no desenvolvimento de crianças com deficiência, abrangendo aspectos físicos, cognitivos e de conscientização ambiental. A pesquisa buscou transcender as abordagens convencionais de avaliação, implementando simulações de cenários que mimetizam condições reais e incorporando variáveis como coordenação motora e compreensão de conceitos ambientais. As intervenções foram avaliadas utilizando regras fuzzy, com o intuito de mensurar os impactos nas diversas dimensões do desenvolvimento. Embora o modelo não tenha sido aplicado em um contexto prático com crianças, os testes de validação sugerem sua aplicabilidade futura em estudos práticos. Os resultados apontam que intervenções integradas e equilibradas podem efetivamente melhorar tanto o desenvolvimento físico quanto cognitivo. O uso da lógica fuzzy mostrou-se uma ferramenta robusta para a avaliação detalhada do progresso, indicando que o modelo desenvolvido pode contribuir significativamente para práticas pedagógicas inclusivas e orientar políticas educacionais voltadas às necessidades de crianças com deficiência, reforçando a importância da sustentabilidade na educação ambiental.

Palavras-chave: Educação Física Adaptada. Educação Ambiental. Lógica Fuzzy. Inclusão Escolar. Conscientização Ambiental.



1 INTRODUÇÃO

A educação inclusiva no Brasil tem registrado avanços significativos, particularmente na integração de crianças com deficiência, refletindo um compromisso reforçado com a criação de ambientes escolares que suportam a participação integral de todos os alunos. Atuais políticas educacionais ressaltam a necessidade de adaptar esses espaços para facilitar um desenvolvimento abrangente, destacando a importância de ambientes que fomentem tanto o crescimento físico quanto cognitivo dos estudantes (Moraes Barth & Schmickler, 2022). Contudo, essas crianças ainda enfrentam desafios significativos, especialmente aqueles relacionados à coordenação motora e à interação social, que podem limitar seu engajamento nas atividades escolares. A adaptação das atividades, principalmente na educação física, é essencial para superar esses obstáculos e assegurar uma inclusão efetiva (França, Rocha & Oliveira, 2023).

Ambientes de aprendizado que apoiam a inclusão são cruciais para o desenvolvimento integral das crianças, incluindo aspectos cognitivos e o fortalecimento de competências socioemocionais. Práticas inclusivas adequadas podem enriquecer a experiência educacional de todos, promovendo colaboração e empatia (Anjos Junior & Santos, 2023). A educação física adaptada, nesse contexto, oferece um espaço seguro para atividades motoras respeitadas às limitações e potencialidades individuais, essenciais para a socialização e inclusão no ambiente escolar (Nogueira, 2019). Além disso, integrar elementos de educação ambiental a estas atividades adiciona um valor significativo, promovendo não apenas a conscientização ecológica, mas também habilidades sociais e emocionais importantes. Atividades ao ar livre e o contato com a natureza beneficiam o desenvolvimento físico e promovem valores como cuidado e respeito pelo meio ambiente, ampliando o alcance de uma educação verdadeiramente inclusiva (Medeiros, 2020).

Esta abordagem integrativa, que combina educação física adaptada com educação ambiental, transcende os limites da sala de aula convencional, criando um ambiente de aprendizado dinâmico que valoriza o ensino prático. A inclusão de jogos e atividades lúdicas focadas no meio ambiente oferece uma plataforma valiosa para o desenvolvimento conjunto das habilidades motoras e sociais das crianças, sublinhando a importância do desenvolvimento integral (Senhoras, 2022). Para avaliar adequadamente o progresso de crianças com deficiência, métodos de avaliação que capturem as nuances de seu desenvolvimento são fundamentais. A lógica fuzzy emerge como uma alternativa promissora, permitindo uma análise mais detalhada e informativa do progresso, adequada para fundamentar decisões pedagógicas e adaptar intervenções de forma eficaz (Zanata & Silva, 2021). Em suma, este estudo visa integrar intervenções de educação física e ambiental com a lógica fuzzy, explorando a complexidade do desenvolvimento de crianças com deficiência em um contexto inclusivo, com o objetivo de enriquecer o conhecimento pedagógico e contribuir para a formulação de políticas educacionais mais eficazes e inclusivas.



2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 EDUCAÇÃO FÍSICA ADAPTADA E INCLUSÃO ESCOLAR

A Educação Física Adaptada (EFA) é fundamental para promover a inclusão escolar, proporcionando um ambiente onde crianças com deficiência podem desenvolver habilidades motoras, sociais e emocionais (Oliveira & Ambiental, 2021; França, Rocha & Oliveira, 2023). A prática de EFA favorece a integração social e a construção de uma identidade positiva, criando espaços seguros e inclusivos que valorizam a diversidade (Anjos Junior & Santos, 2023; Nogueira, 2019).

Além do impacto no desenvolvimento motor, a EFA também promove a conscientização ambiental ao integrar atividades ao ar livre, incentivando as crianças a cuidarem do meio ambiente (Santos & Moraes, 2020). A adaptação de atividades físicas ajuda as crianças a superar desafios específicos de forma progressiva, melhorando sua autonomia e capacidade motora (Dias & Borragine, 2020; Senhoras, 2022). Ao incorporar a educação ambiental, a EFA não só fortalece o desenvolvimento físico e cognitivo, mas também nutre uma consciência ecológica entre os estudantes (Medeiros, 2020).

A EFA, como estratégia de inclusão escolar, não apenas proporciona participação equitativa nas atividades escolares, mas também melhora o desempenho acadêmico e o desenvolvimento socioemocional, ressaltando a importância de um currículo que inclua práticas inclusivas e sustentáveis (Patrício, 2021; Moraes Barth & Schmickler, 2022). Esta abordagem pedagógica transformadora é crucial para preparar alunos como cidadãos conscientes, equipados para enfrentar desafios ambientais e sociais do futuro.

2.2 EDUCAÇÃO AMBIENTAL E DESENVOLVIMENTO COGNITIVO

A Educação Ambiental (EA) no contexto escolar é uma ferramenta essencial para sensibilizar os estudantes sobre a importância de práticas sustentáveis e tem um impacto significativo no desenvolvimento cognitivo. Integrando o aprendizado teórico com experiências práticas, a EA fomenta uma compreensão abrangente dos processos naturais e da importância de preservar o meio ambiente (Soares, 2020; Melo et al., 2020). Através de jogos cognitivos e atividades lúdicas, a EA estimula a criatividade, a resolução de problemas e o pensamento crítico, preparando os alunos para enfrentar e resolver desafios ambientais de maneira responsável e ética (Ramos & Vieira, 2023).

Além disso, a EA contribui para o desenvolvimento de habilidades socioemocionais, como a empatia e a cooperação, que são cruciais para o desempenho acadêmico e cognitivo. O contato com o ambiente natural através de atividades ao ar livre amplia a capacidade de raciocínio e a atenção, fundamentais para um aprendizado eficaz e significativo (Almeida, 2022; Medeiros, 2020).

A EA é também um pilar para a formação integral dos alunos, integrando aspectos éticos, sociais e emocionais na educação. Atividades como hortas escolares e projetos de reciclagem proporcionam uma abordagem prática que facilita a compreensão de conceitos complexos e promove



um sentido de responsabilidade e pertencimento ao mundo natural. Este enfoque holístico não apenas enriquece o currículo escolar, mas também prepara os estudantes para serem cidadãos globais conscientes e ativos (Kolcenti & Médici, 2020; Ramos & Vieira, 2023).

Finalmente, as práticas educativas sustentáveis têm o potencial de gerar impactos ambientais positivos, incentivando comportamentos ecologicamente responsáveis entre estudantes, educadores e comunidades. A implementação dessas práticas não só fortalece o conhecimento ambiental, mas também estimula uma consciência coletiva sobre a importância do consumo consciente e da gestão sustentável de recursos (Sousa & Yoshioka, 2020; Mendes & Feitoza, 2022).

2.3 IMPACTOS AMBIENTAIS DE PRÁTICAS EDUCATIVAS: FOMENTANDO A CONSCIENTIZAÇÃO E SUSTENTABILIDADE

Práticas educativas integradas com a sustentabilidade têm um impacto significativo na promoção de comportamentos ambientalmente responsáveis entre estudantes, educadores e comunidades, formando cidadãos ecologicamente conscientes (Sousa & Yoshioka, 2020). Atividades como plantio de árvores, compostagem e uso de energias renováveis ilustram como a educação pode transcender o conhecimento teórico e provocar impactos diretos e positivos no meio ambiente, além de ensinar a importância de ações sustentáveis e consumo consciente (Mendes & Feitoza, 2022).

Além do contexto escolar, essas práticas educativas sustentáveis se estendem para as famílias e comunidades, gerando mudanças significativas através de um efeito multiplicador. Projetos escolares interdisciplinares que abordam questões ambientais capacitam os alunos a entender e enfrentar desafios ecológicos, possibilitando que eles proponham soluções inovadoras para problemas locais, como gestão de resíduos e conservação de ecossistemas (Rosa & Bernaldino, 2023).

Apesar dos desafios, os benefícios de longo prazo das práticas sustentáveis justificam os investimentos, preparando os alunos para se tornarem futuros líderes em sustentabilidade e influenciando políticas públicas e práticas comunitárias, contribuindo assim para a construção de uma sociedade mais equitativa e sustentável.

2.4 IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS DAS INTERVENÇÕES EDUCACIONAIS

Intervenções educativas com foco em conscientização ambiental desempenham um papel crucial na formação de comportamentos sustentáveis, integrando conhecimento teórico com práticas que fomentam a redução de desperdício e a reciclagem (Sousa & Yoshioka, 2020). A implementação de projetos práticos, como hortas escolares e monitoramentos ambientais, permite que os alunos experienciem diretamente o impacto de suas ações no ambiente, reforçando a conexão entre teoria e prática (Maia & Albuquerque, 2021).



Além disso, o uso responsável de recursos naturais nas escolas tem mostrado resultados eficazes na diminuição do consumo de energia e água, contribuindo significativamente para a mitigação de impactos ambientais adversos (Rosa & Bernaldino, 2023). A expansão dessas práticas para além das escolas, alcançando comunidades e famílias, cria um efeito multiplicador, promovendo práticas sustentáveis em uma escala mais ampla (Hoernig & Júnior, 2021).

A avaliação contínua dessas intervenções é essencial, utilizando indicadores de impacto ambiental para garantir que as mudanças promovidas sejam sustentáveis e adaptar os projetos para maximizar seus benefícios.

A inclusão de práticas sustentáveis no currículo escolar é vital para cultivar uma consciência ecológica entre os alunos, combinando ensino teórico com atividades práticas como compostagem e hortas comunitárias (Mendes & Feitoza, 2022). Essas iniciativas não apenas ensinam sobre gestão responsável de resíduos, mas também promovem a cooperação e habilidades práticas entre os estudantes. Projetos que incluem o uso de energia renovável e a redução do consumo de plástico exemplificam como as escolas podem se transformar em laboratórios vivos para práticas sustentáveis (Oliveira & Andrade, 2022).

A interdisciplinaridade é crucial para o sucesso dessa integração, com disciplinas como ciências, matemática e geografia explorando questões ambientais sob diversas perspectivas, enquanto as artes e a literatura sensibilizam sobre as dimensões culturais da sustentabilidade.

O uso de tecnologias da informação e comunicação expande as possibilidades de engajamento e inovação dos alunos, permitindo a exploração de soluções criativas para problemas ambientais. A implementação dessas práticas no currículo prepara os alunos para enfrentar desafios ambientais de maneira proativa e inovadora, cultivando futuros cidadãos conscientes e responsáveis pelo meio ambiente.

2.5 LÓGICA FUZZY

2.5.1 Conceitos Fundamentais da Lógica Fuzzy

A Lógica Fuzzy, estabelecida por Lotfi A. Zadeh em 1965, estende a lógica clássica binária para lidar com valores entre 0 e 1, refletindo a incerteza e a subjetividade dos dados reais. A principal ferramenta da Lógica Fuzzy são as funções de pertinência, que quantificam o grau de verdade de afirmações em um continuum de valores, ao invés de valores binários fixos de verdadeiro ou falso (Nogueira, 2017).

2.5.2 Estrutura e Operações Matemáticas com Conjuntos Fuzzy

Os conjuntos fuzzy permitem uma representação mais flexível de informações através de graus de pertinência variáveis entre 0 e 1, em vez dos estados absolutos típicos dos conjuntos clássicos.

- **União Fuzzy:** A união de dois conjuntos fuzzy é definida pelo máximo grau de pertinência que um elemento possui em qualquer um dos conjuntos. Matematicamente, para conjuntos A e B com um elemento x, a união é expressa como (Jain, 2020):

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad (1)$$

onde μ indica a função de pertinência do conjunto.

- **Interseção Fuzzy:** A interseção de dois conjuntos fuzzy considera o menor grau de pertinência de um elemento nos conjuntos. Para A e B (Li et al., 2023):

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad (2)$$

Esta operação é essencial para modelar situações onde um elemento deve satisfazer múltiplas condições simultaneamente.

- **Complemento Fuzzy:** O complemento de um conjunto fuzzy A é definido pelo grau de não-pertinência de um elemento no conjunto, calculado como (Martinez & Pereira, 2019):

$$\mu_{\text{compl}A}(x) = 1 - \mu_A(x) \quad (3)$$

Esta operação ajuda a entender quão distante um elemento está de satisfazer as características de um conjunto.

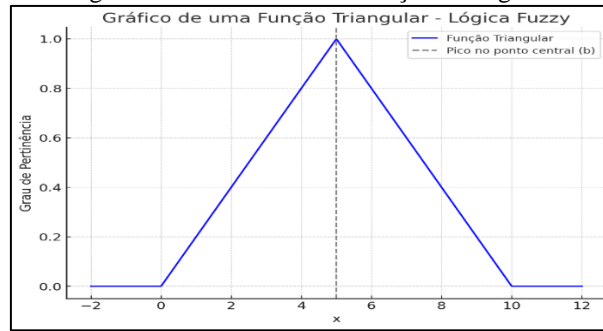
2.5.3 Funções de Pertinência e Modelagem Fuzzy

As funções de pertinência desempenham um papel crucial ao definir o grau de pertencimento de elementos a conjuntos fuzzy, permitindo gradações finas de pertinência.

- **Função Triangular:** Representada por três pontos que definem o início, o pico e o fim da função. Se a, b, e c são os pontos, então a função triangular $\mu_{\text{triangular}}$ para um elemento x é:

$$\mu_{\text{triangular}}(x) = \max \left(\min \left(\frac{x - a}{b - a}, \frac{c - x}{c - b} \right), 0 \right) \quad (4)$$

Figura 1: Gráfico De Uma Função Triangular.

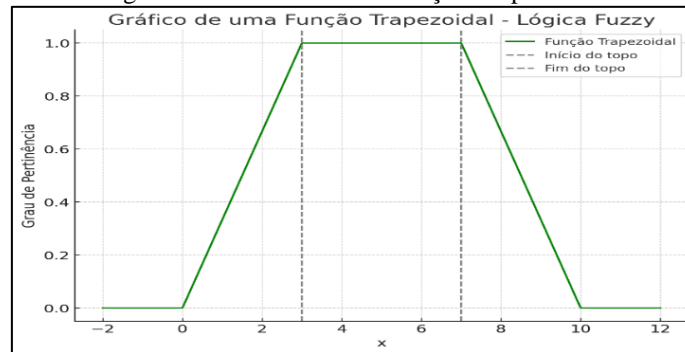


Fonte: Adaptado de (Boratto, 2022).

- **Função Trapezoidal:** Esta função é uma extensão da triangular, adicionando uma parte plana no topo. Se a , b , c , e d definem a função, a expressão para x é (Kreinovich, 2020):

$$\mu_{\text{trapezoidal}}(x) = \max \left(\min \left(\frac{x - a}{b - a}, 1, \frac{d - x}{d - c} \right), 0 \right) \quad (5)$$

Figura 2: Gráfico De Uma Função Trapezoidal.

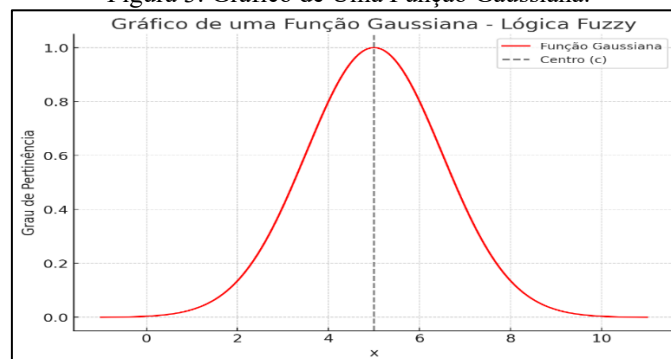


Fonte: Adaptado de (Russo, 2022) e (Pujaru, 2024).

- **Função Gaussiana:** Usada para transições suaves, é definida por dois parâmetros: o centro c e o desvio padrão σ . A função para x é (Jain, 2020):

$$\mu_{\text{gaussiana}}(x) = e^{-\frac{(x - c)^2}{2\sigma^2}} \quad (6)$$

Figura 3: Gráfico de Uma Função Gaussiana.



Fonte: Adaptado de (Mazzutti, 2018).

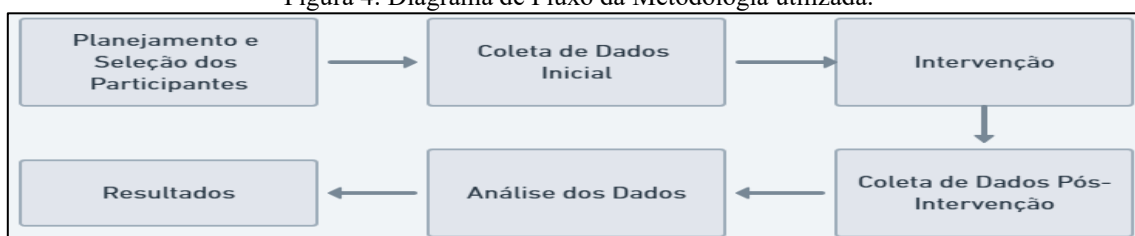
3 METODOLOGIA

A metodologia adotada nesta pesquisa foi estruturada em seis etapas principais, conforme demonstrado no diagrama de fluxo (Figura 4). Este processo meticulosamente projetado assegura a validade e precisão dos resultados, desde o planejamento inicial até a análise e conclusões finais.

Inicialmente, a pesquisa começa com o planejamento e a seleção criteriosa dos participantes, seguido pela coleta de dados inicial. Posteriormente, são realizadas intervenções cuidadosamente planejadas e uma subsequente reavaliação dos dados. A análise dos dados coletados precede a última etapa, onde as conclusões são formuladas e discutidas.

O propósito deste método é simplificar a compreensão do procedimento investigativo, permitindo uma visão clara de cada fase e de sua inter-relação no alcance dos objetivos da pesquisa.

Figura 4: Diagrama de Fluxo da Metodologia utilizada.



Fonte: Autor.

3.1 PLANEJAMENTO E SELEÇÃO DOS PARTICIPANTES

Esta pesquisa adota uma abordagem mista, utilizando métodos quantitativos e qualitativos para examinar o impacto das intervenções de Educação Física e Educação Ambiental no desenvolvimento de crianças com deficiência. Devido às limitações práticas, optou-se por simular cenários que reproduzem autenticamente as condições reais desses grupos, possibilitando uma análise detalhada e controlada das intervenções.

Participantes: Foram desenvolvidos três cenários simulados, cada um refletindo diferentes necessidades especiais e contextos ambientais, para ilustrar a dinâmica entre os grupos de controle e de intervenção.

3.1.1 Critérios de Inclusão/Exclusão

- **Inclusão:** Incluiu escolas que já implementam práticas sustentáveis ou situadas em áreas de relevância ambiental. Foram selecionados, virtualmente, alunos de 6 a 12 anos beneficiados pela integração das práticas educativas físicas e ambientais.
- **Exclusão:** Excluiu cenários que não possuem infraestrutura para práticas sustentáveis ou que não cumprem as normativas éticas para inclusão de crianças com deficiência.

Metodologia em Estudos Práticos: A metodologia é projetada para ser aplicada em ambientes escolares reais, com seleção de crianças mediante consentimento dos responsáveis e da instituição educacional. Os grupos de intervenção e controle seriam formados, e a coleta de dados inicial serviria como referência para avaliar os avanços após as intervenções.

3.1.2 Descrição das Intervenções

- **Educação Física:** Utilização de materiais recicláveis e eco-friendly para promover o desenvolvimento físico e a responsabilidade ambiental.
- **Educação Ambiental:** Implementação de hortas escolares, programas de reciclagem e conservação de recursos, detalhando a frequência e os materiais utilizados para promover uma educação sustentável.

Justificativa para Uso de Cenários Simulados: A escolha por simulações deve-se a restrições práticas e logísticas, facilitando a modelagem e avaliação de intervenções complexas em condições controladas. Esta estratégia permite testar e validar o modelo fuzzy para futuras aplicações práticas, fornecendo uma base teórica e metodológica sólida para estudos futuros que medirão diretamente os efeitos das intervenções.

3.2 COLETA DE DADOS INICIAL

A fase inicial de coleta de dados deste estudo envolve a utilização de cenários simulados para modelar condições reais de crianças com deficiência, empregando variáveis representativas que permitem análises iniciais robustas e éticas, adequadas para futuras aplicações práticas. Para isso, são utilizados instrumentos de avaliação padronizados que medem aspectos físicos, cognitivos e ambientais dos participantes. Estes instrumentos incluem questionários e atividades que avaliam desde força muscular e coordenação motora até a conscientização ambiental, focando na sustentabilidade e práticas de conservação.

Os procedimentos de coleta foram cuidadosamente adaptados para reduzir o impacto ambiental, com o uso de tecnologia digital para coleta e processamento de dados, minimizando o uso de papel e economizando energia. Aspectos éticos são rigorosamente seguidos, com documentos como a Carta de Anuência e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assegurando a transparência e aderência às normas éticas. Todos os dados são tratados com alta confidencialidade e anonimato, garantindo uma coleta responsável e ética de informações.

3.3 INTERVENÇÃO

A fase de intervenção deste estudo envolve atividades estruturadas de educação física e ambiental, projetadas para promover tanto o desenvolvimento físico quanto a conscientização ambiental entre os alunos. As atividades de educação física incluem corrida e salto em superfícies naturais ou recicladas, arremesso e resistência utilizando materiais sustentáveis, e jogos adaptados que fomentam a reciclagem e o uso responsável de recursos. Paralelamente, as atividades de educação ambiental engajam os alunos no plantio e cuidado de hortas escolares, aulas ao ar livre que exploram ecossistemas locais, e jogos didáticos que ensinam sobre sustentabilidade e conservação de energia.

As intervenções ocorrem de duas a três vezes por semana ao longo de três a seis meses, permitindo aos alunos tempo adequado para internalizar os conceitos ensinados e observar os efeitos práticos de suas ações no ambiente. Este método assegura uma aprendizagem profunda e uma aplicação prática dos conhecimentos adquiridos, visando um impacto duradouro nas práticas sustentáveis dos participantes.

3.4 COLETA DE DADOS PÓS-INTERVENÇÃO

A fase de coleta de dados pós-intervenção no estudo utilizou simulações fuzzy para avaliar os efeitos das intervenções nas dimensões física, cognitiva e ambiental das crianças. Este método empregou variáveis estabelecidas durante a avaliação inicial para simular os progressos esperados sob diferentes condições hipotéticas. Ajustes foram feitos na lógica fuzzy para incluir variáveis que refletem mudanças no comportamento ambiental dos alunos, permitindo uma monitoração detalhada dos resultados das intervenções.

Novos instrumentos foram desenvolvidos para medir o engajamento dos alunos em práticas sustentáveis, complementando os instrumentos de avaliação física e cognitiva usados inicialmente. Estes incluem questionários e atividades práticas destinadas a avaliar a eficácia das intervenções em sustentabilidade.

A escolha por simulações foi motivada por limitações logísticas e de tempo, visando oferecer uma representação o mais próxima possível da realidade e incluindo novos aspectos ambientais. Esta abordagem validada em condições controladas prepara o terreno para futuras implementações práticas, onde os impactos das intervenções podem ser medidos diretamente.

3.5 ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos dados utilizou a lógica fuzzy para interpretar informações complexas obtidas através de questionários aplicados a professores e responsáveis, além dos resultados de testes físicos padronizados. Essa abordagem permitiu uma avaliação precisa e gradativa do progresso das crianças, capturando nuances que sistemas de avaliação tradicionais poderiam não detectar. A análise também

considerou aspectos ambientais, avaliando a eficiência no uso de recursos e a participação em atividades sustentáveis.

3.5.1 Definição das Variáveis Fuzzy

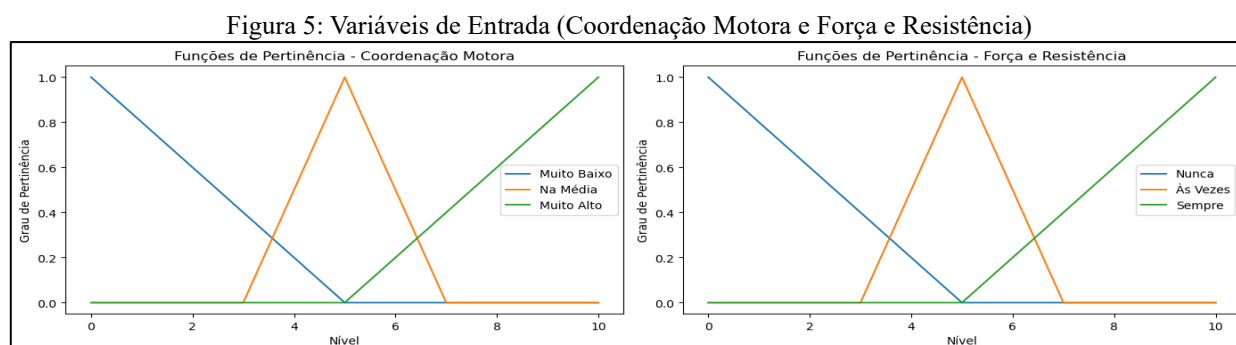
As variáveis fuzzy foram divididas em variáveis de entrada e de saída para facilitar a análise e interpretação dos dados coletados e dos resultados esperados.

3.5.1.1 Justificativa para a Escolha das Variáveis de Entrada e Saída

A seleção das variáveis foi orientada por frameworks estabelecidos na literatura sobre lógica fuzzy e avaliação educacional, permitindo uma análise detalhada das atividades educacionais considerando noções imprecisas como "bom", "ruim" e "muito bom".

3.5.1.2 Variáveis de Entrada Fuzzy:

- **Desempenho Físico:**
 - **Coordenação Motora:** Avaliada através das respostas sobre habilidades motoras como correr, pular, arremessar, conforme registrado no questionário.
 - **Força e Resistência:** Baseada nas respostas que descrevem a capacidade da criança de completar e sustentar atividades físicas específicas sem dificuldades.

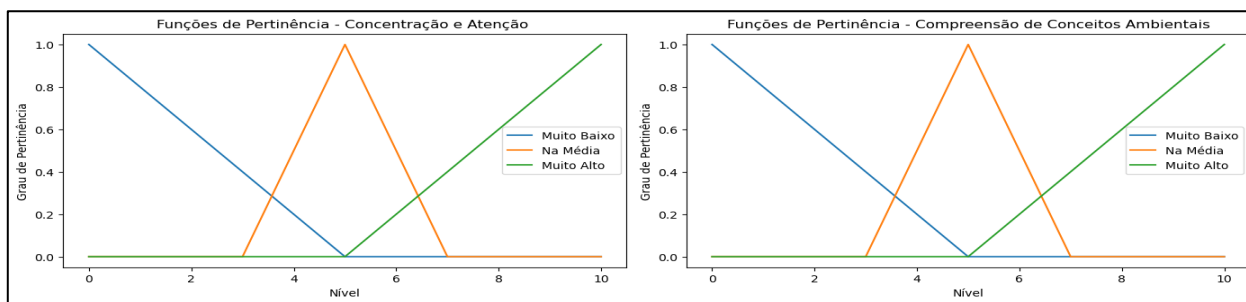


Fonte: Autor.

A figura 5 ilustra as escalas de medição para a coordenação motora e força e resistência, mostrando a quantificação destes atributos.

- **Desempenho Cognitivo:**
 - **Concentração e Atenção:** Avaliada com base nas respostas sobre a capacidade da criança de manter a atenção em atividades educativas e ambientais.
 - **Compreensão de Conceitos Ambientais:** Utiliza as respostas sobre a compreensão dos conceitos de sustentabilidade e meio ambiente.

Figura 1: Variáveis de Entrada (Concentração e Atenção e Compreensão dos Conceitos Ambientais)

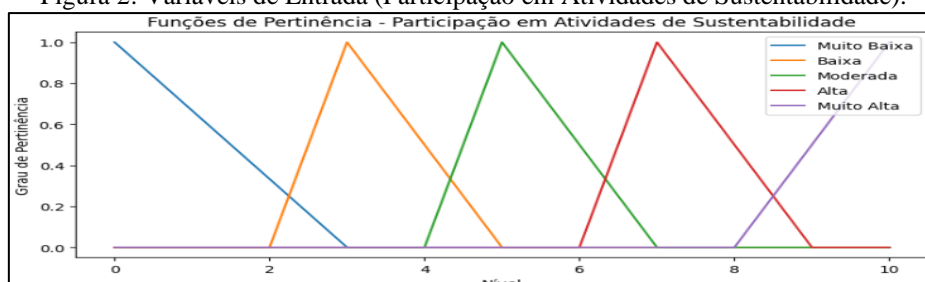


Fonte: Autor.

A figura 6 apresenta os métodos de avaliação para concentração e atenção, além da compreensão de conceitos ambientais.

- **Comportamento Ambiental:**
- **Participação em Atividades de Sustentabilidade:** Frequência e envolvimento do aluno em atividades como reciclagem, conservação de recursos e outras práticas sustentáveis.

Figura 2: Variáveis de Entrada (Participação em Atividades de Sustentabilidade).



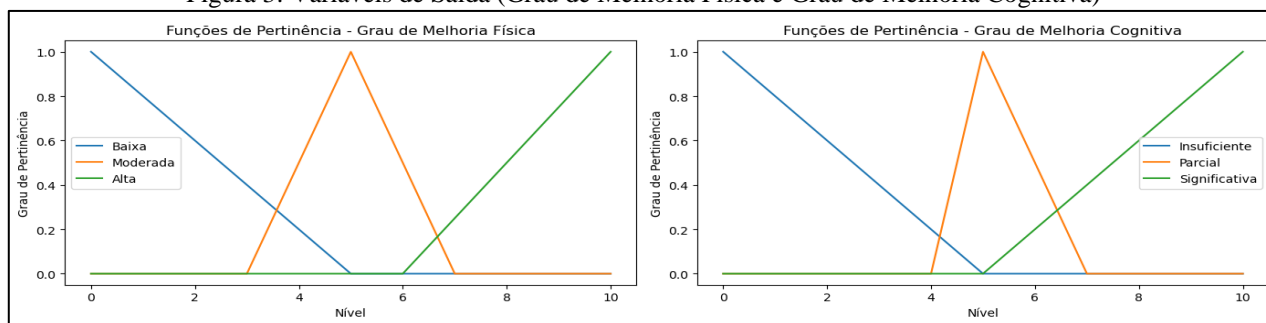
Fonte: Autor.

A Figura 7 mostra a metodologia de avaliação da participação dos alunos em atividades sustentáveis.

3.5.1.3 Variáveis de Saída Fuzzy:

- **Grau de Melhoria Física:** Categorias de "Baixa", "Moderada", e "Alta", refletindo melhorias na coordenação motora, força muscular e resistência física.
- **Grau de Melhoria Cognitiva:** Categorias de "Insuficiente", "Parcial", e "Significativa", avaliando o impacto das intervenções no desenvolvimento cognitivo, incluindo concentração e compreensão de conceitos.
- **Grau de Conscientização e Comportamento Ambiental:** Categorias de "Insuficiente", "Básico", "Moderado", "Avançado", e "Excelente", medindo mudanças no comportamento ambiental.

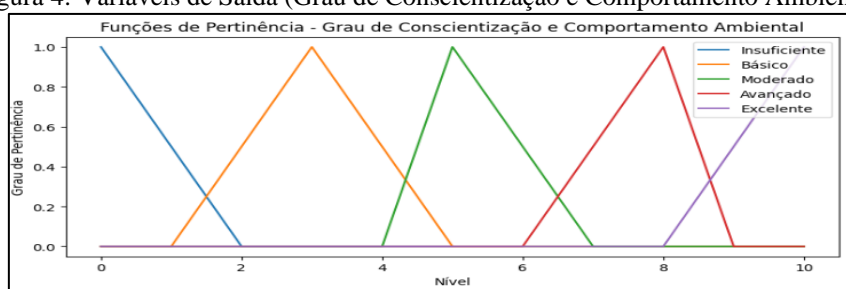
Figura 3: Variáveis de Saída (Grau de Melhoria Física e Grau de Melhoria Cognitiva)



Fonte: Autor.

A figura 8 representa as categorias de melhoria física e cognitiva resultantes das intervenções.

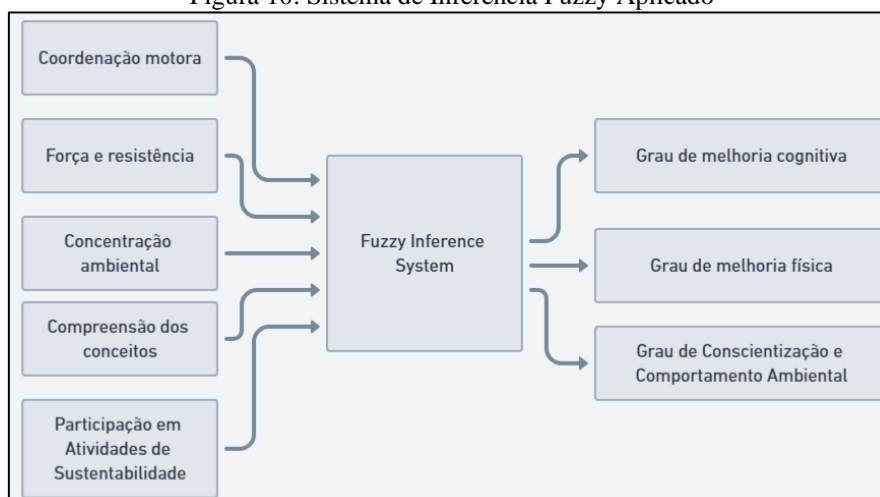
Figura 4: Variáveis de Saída (Grau de Conscientização e Comportamento Ambiental).



Fonte: Autor.

A figura 9 ilustra as categorias de conscientização e comportamento ambiental, fornecendo uma representação visual das escalas usadas para avaliar a eficácia das intervenções em termos de educação ambiental.

Figura 10: Sistema de Inferência Fuzzy Aplicado



Fonte: Autor.

A figura 10 compila todas as variáveis em um diagrama de sistema de inferência fuzzy, mostrando como as entradas são processadas para gerar as saídas através das regras fuzzy definidas.

3.5.2 Análise Fuzzy

O sistema fuzzy será configurado para receber os dados coletados no questionário e convertê-los em valores contínuos que refletem a situação atual de cada criança. Utilizando as variáveis de entrada, o sistema fuzzy aplicará regras pré-definidas para gerar as variáveis de saída, permitindo uma interpretação mais detalhada do desenvolvimento das crianças, considerando múltiplas variáveis ao mesmo tempo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os cenários simulados foram criados para representar diferentes condições iniciais, destacando o desempenho físico (como coordenação motora e força/resistência) e cognitivo (como concentração e compreensão de conceitos). Esses cenários foram processados no sistema fuzzy, o que possibilitou prever os resultados nas variáveis de saída: grau de melhoria física e grau de melhoria cognitiva.

4.1 CENÁRIOS DE SIMULAÇÃO NO SISTEMA FUZZY E RESULTADOS

A tabela 1 agrega os resultados de cinco diferentes cenários de simulação avaliados no estudo. Cada cenário descreve um conjunto distinto de condições relativas ao envolvimento de uma criança com atividades de sustentabilidade, junto com seu desenvolvimento cognitivo e físico.

As entradas são categorizadas em aspectos físicos, cognitivos e ambientais, cada um avaliado usando valores numéricos e linguísticos derivados da lógica fuzzy.

Essas simulações ajudam a identificar os impactos das várias intervenções educacionais no desenvolvimento das crianças, orientando futuros aprimoramentos em estratégias de ensino e abordagens de intervenção.

Tabela 1: Resumo dos Resultados dos Cenários de Simulação no Sistema Fuzzy

Cenário	Coordenação Motora	Força e Resistência	Concentração Ambiental	Compreensão de Conceitos	Participação em Atividades de Sustentabilidade	Grau de Melhoria Física	Grau de Melhoria Cognitiva	Grau de Conscientização e Comportamento Ambiental
1: Participação Insuficiente	3	2	4	2	1	2.04, Baixa	2.25, insuficiente	0.74, insuficiente
2: Engajamento Inicial	5	5	5	5	4	5.0, moderada	5.33, parcial	4.0, básico
3: Progresso Cognitivo Destacado	3	4	8	6	7	5.0, moderada	8.06, significativa	7.61, avançado

4: Avanço Holístico	7	7	8	8	9	8.36, alta	8.14, significativa	9.22, excelente
5: Baixa Participação, Potencial Cognitivo	6	5	9	9	2	5.0, moderada	8.28, significativa	3.0, básico

4.2 COMPARAÇÃO ENTRE OS CENÁRIOS

Este tópico analisa os resultados de cinco cenários simulados, comparando-os para identificar os diferentes níveis de progresso alcançados em três dimensões fundamentais: melhoria física, cognitiva e de conscientização ambiental. Essa comparação detalhada serve para entender como variáveis de entrada específicas influenciam as variáveis de saída e para ajustar as estratégias de intervenção futuras.

Tabela 2: Tabela Comparativa dos Resultados dos Cenários

Cenário	Grau de Melhoria Física	Grau de Melhoria Cognitiva	Grau de Conscientização e Comportamento Ambiental
Cenário 1	2.04 (Baixa)	2.25 (Insuficiente)	0.74 (Insuficiente)
Cenário 2	5.0 (Moderada)	5.33 (Parcial)	4.0 (Básico)
Cenário 3	8.37 (Alta)	8.15 (Significativa)	9.22 (Excelente)
Cenário 4	8.37 (Alta)	8.15 (Significativa)	9.22 (Excelente)
Cenário 5	5.0 (Moderada)	8.28 (Significativa)	3.0 (Básico)

4.2.1 Análise Comparativa dos Cenários:

- **Dimensão Física:**

- Os Cenários 3 e 4 apresentam as maiores melhorias, indicando o impacto positivo de altos níveis de coordenação motora e força.
- O Cenário 1 revela limitações significativas, enquanto os Cenários 2 e 5 mostram melhorias moderadas.

- **Dimensão Cognitiva:**

- O Cenário 1 registra o menor progresso, afetado por baixa concentração e compreensão.
- Os Cenários 2 exibe progresso parcial, e os Cenários 3, 4 e 5 demonstram melhorias significativas, beneficiados por elevada concentração e compreensão dos conceitos.

- **Conscientização e Comportamento Ambiental:**

- Cenário 1 é classificado como insuficiente, Cenário 2 como básico, e os Cenários 3 e 4 alcançam excelentes resultados.
- Cenário 5, apesar de alto potencial cognitivo, mostra engajamento ambiental básico.

Esses dados sugerem que elevada participação e compreensão das práticas sustentáveis são essenciais para alcançar melhorias substanciais. A análise também destaca a importância de balancear



o desenvolvimento físico, cognitivo e ambiental para obter resultados holísticos e efetivos nos contextos educacionais e terapêuticos.

4 CONCLUSÃO

Este estudo demonstrou a eficácia de integrar educação física adaptada e educação ambiental no desenvolvimento de crianças com deficiência, utilizando um modelo de lógica fuzzy para avaliação. Os resultados dos cenários simulados sublinham que intervenções equilibradas e inclusivas, que combinam desenvolvimento físico, cognitivo e conscientização ambiental, são cruciais para promover um progresso significativo. A aplicação prática deste modelo de avaliação pode transformar práticas pedagógicas, tornando a educação mais inclusiva e efetiva, preparando os alunos para enfrentar desafios ambientais e sociais com maior competência e consciência.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia, departamento Pós-Graduação em Engenharia, Processos, Sistemas e Gestão Ambiental -(PPG.EGPSA/ITEGAM), pelo financiamento e apoio da Pesquisa.



REFERÊNCIAS

ANJOS JUNIOR, C. dos; SANTOS, C. L. A. Práticas de Inclusão de Alunos Autistas na Educação Infantil: Do Lúdico ao Uso de Softwares. Ifsul.edu.br, 2023.

Boratto, T., Cury, A., & Goliatt, L. (2022). A fuzzy approach to drum cymbals classification. IEEE Latin America Transactions.

DIAS, H. L. A. B.; BORRAGINE, S. O. F. A Inclusão de Crianças Autistas nas Aulas de Educação Física Escolar. Estacio.periodicoscientificos.com.br, 2020.

FRANÇA, D. L.; ROCHA, A. J. P.; OLIVEIRA, V. As Práticas Corporais de Aventura nas Aulas de Educação Física Escolar: Uma Revisão de Escopo. Educa.fcc.org.br, 2023.

Hoernig, A. M., & B. A. H. Júnior (2021). A sustentabilidade ambiental efetivada através da gestão educacional. Revista Angolana de Ciências.

Jain, A., & Sharma, A. (2020). Membership function formulation methods for fuzzy logic systems: A comprehensive review. Journal of Critical Reviews, 7(19), 8717-8733.

Kreinovich, V., Kosheleva, O., & Shahbazova, S. N. (2020). Why triangular and trapezoid membership functions: A simple explanation. Recent developments in fuzzy logic and fuzzy sets: dedicated to Lotfi A. Zadeh, 25-31.

LI, X., HUANG, Y., ZHANG, W. (2023). Advanced Fuzzy Set Theory for Mathematical Modeling. Journal of Computational Intelligence, 45(2), 235-248.

Maia, R. C., & Albuquerque, R. M. V. L. (2021). Educação Ambiental para o ecossistema manguezal. Revista Brasileira de Educação Ambiental.

MARTINEZ, J., PEREIRA, S. (2019). New Approaches to Fuzzy Complement Operations. Applied Fuzzy Mathematics, 28(9), 412-426.

Mazzutti, T. (2018). "Modelo incremental neuro-fuzzy gaussian mixture network (INFGMN)." Universidade Federal de Santa Catarina.

MEDEIROS, T. M. Reflexões e Colaborações da Educação Ambiental para o Planejamento e Criação de um Jardim Botânico. UFPB, 2020.

Mendes, F. C., & Feitoza, L. H. M. (2022). Ecologicamente correto: relato de experiência. Revista Brasileira de Educação Ambiental.

MORAES BARTH, L. C. W.; SCHMICKLER, S. M. da S. Da Defesa da Democracia à Educação Especial da Perspectiva da Inclusão Escolar. Uniarp.edu.br, 2022.

Nogueira, E., & Nascimento, M. (2017). Inventory control applying sales demand prevision based on fuzzy inference system. ITEGAM-JETIA, 3(11), 31-36.

NOGUEIRA, Í. C. S. Educação Ambiental Inclusiva: a Criação de um Brinquedo para as Pessoas com Autismo. UNAERP, 2019.

OLIVEIRA, E. S. S.; AMBIENTAL, C. E. E. A Natureza e Suas Contribuições na Educação: Relações Afetivas no Desenvolvimento. 2021.



Oliveira, H. F. F., & Andrade, R. S. (2022). Educação Ambiental no ensino superior. *Revista Brasileira de Educação Ambiental*.

PATRÍCIO, I. L. Aprender na Educação de Infância: um Percorso Pedagógico entre os Livros e a Natureza. RCAAP, 2021.

Pujaru, K., Adak, S., Kar, T. K., Patra, S., & Jana, S. (2024). A Mamdani fuzzy inference system with trapezoidal membership functions for investigating fishery production. *Decision Analytics Journal*, 11, 100481.

Rosa, E. M. S., & Bernaldino, E. S. (2023). As TICs na Educação Ambiental. *e-Curriculum*.

Russo, T. D. E. O. (2022). Corredores do Arco Norte Amazônico para a Soja do Mato Grosso em um Modelo de Transporte Fuzzy Trapezoidal. UFPA.

SANTOS, J. M. de B.; MORAES, L. G. Educação Ambiental e Inclusão Social: Atividades Lúdicas Aplicadas ao Desenvolvimento de Pessoas com Necessidades. Academia.edu, 2020.

SENHORAS, E. M. Educação Ambiental: Debates Temáticos. 2022.

Sousa, C. C., & Yoshioka, R. (2020). A educação ambiental para o desenvolvimento sustentável no novo currículo da cidade de São Paulo. *Revista de Ensino de Ciências*.

ZANATA, E. M.; SILVA, S. R. V. da. Perspectiva Inclusiva no Contexto do Ensino de Engenharia e Tecnologia. Redalyc, 2021.